

[饮片炮制]

HPLC 法同时测定杜仲 3 个药用部位中 8 种成分

肖 芳¹, 黄勤挽^{1,2*}, 范润勇¹, 谭茂兰¹, 孙佳彬¹, 高 鹏³

(1. 成都中医药大学药学院, 中药材标准化教育部重点实验室, 四川省中药资源系统研究与开发利用重点实验室—省部共建国家重点实验室培育基地, 四川 成都 611137; 2. 国家中医药管理局中药炮制技术重点实验室, 四川 成都 611731; 3. 广元市立柱天科技有限责任公司, 四川 广元 628000)

摘要: **目的** 建立 HPLC 法同时测定杜仲 *Eucommia ulmoides* Oliver 板皮、枝皮及叶中 8 种成分的含有量。**方法** 分析采用 Agilent Zorbax Eclipse C₁₈ 色谱柱 (150 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相乙腈-0.1% 磷酸水溶液, 梯度洗脱; 体积流量 1 mL/min; 柱温 30 ℃; 检测波长 208 nm (桃叶珊瑚苷、槲皮素)、238 nm (京尼平苷酸、京尼平苷、京尼平和松脂醇二葡萄糖苷) 和 320 nm (绿原酸、咖啡酸)。**结果** 桃叶珊瑚苷、槲皮素、京尼平苷酸、京尼平苷、京尼平、松脂醇二葡萄糖苷、绿原酸和咖啡酸分别在 0.037 5~2.25、0.024 4~0.488、0.008 7~0.487 2、0.019 85~0.397、0.022 9~0.458、0.027 5~1.1、0.029 45~0.736、0.004 526~0.238 1 μg 范围内呈良好的线性关系。叶中黄酮和苯丙素含有量高于板皮, 枝皮中木脂素含有量与板皮相当, 而且这两个药用部位中环烯醚萜含有量都较高。**结论** 在降血压和抗炎应用中, 杜仲枝皮与叶可作为板皮的替代物。

关键词: 杜仲; 药用部位; 化学成分; HPLC

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2016)08-1782-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2016.08.025

Simultaneous determination of eight constituents in three medicinal parts of *Eucommia ulmoides* by HPLC

XIAO Fang¹, HUANG Qin-wan^{1,2*}, FAN Run-yong¹, TAN Mao-lan¹, SUN Jia-bin¹, GAO Peng³

(1. College of Pharmacy, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine; Ministry of Education Key Laboratory of Standardization of Chinese Herbal Medicine; Key Laboratory of Systematic Research, Development and Utilization of Chinese Medicine Resources in Sichuan Province-Key Laboratory Breeding Base Co-founded by Sichuan Province and Ministry of Education, Chengdu 611137, China; 2. State Administration of Traditional Chinese Medicine Key Laboratory of Technology of Chinese Medicine Processing, Chengdu 611731, China; 3. Guangyuan Municipal LiZhuTian Science and Technology Co., Ltd., Guangyuan 628000, China)

ABSTRACT: **AIM** To establish an HPLC method for the simultaneous determination of eight constituents in barks, branches and leaves of *Eucommia ulmoides* Oliver. **METHODS** The analysis was performed on an Agilent Zorbax Eclipse C₁₈ column (150 mm×4.6 mm, 5 μm), mobile phase was acetonitrile-0.1% phosphoric acid aqueous solution for gradient elution, flow rate was 1 mL/min, column temperature was maintained at 30 ℃, and detection wavelengths were set at 208 nm for aucubin and quercetin, 238 nm for geniposidic acid, geniposide, genipin and pinoresinol diglucoside, and 320 nm for chlorogenic acid and caffeic acid. **RESULTS** Aucubin, quercetin, geniposidic acid, geniposide, genipin, pinoresinol diglucoside, chlorogenic acid and caffeic acid showed good linear relationships within the ranges of 0.037 5–2.25 μg, 0.024 4–0.488 μg, 0.008 7–0.487 2 μg, 0.019 85–0.397 μg, 0.022 9–0.458 μg, 0.027 5–1.1 μg, 0.029 45–0.736 μg and 0.004 526–0.238 1 μg, respectively. The contents of flavonoids and phenylpropanoids in leaves were a little higher than those

收稿日期: 2016-02-03
基金项目: 科技基础性工作专项分项目 (2014FY111100-4)
作者简介: 肖 芳 (1991—), 女, 硕士生, 研究方向为中药炮制与制剂。Tel: 18482177688, E-mail: 329065965@qq.com
* 通信作者: 黄勤挽 (1979—), 男, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为中药炮制与制剂。Tel: (028) 61801001, E-mail: 36190587@qq.com

in barks, the contents of lignans in branches were similar to those in barks, and the contents of iridoids in these two medicinal parts were both relatively high. **CONCLUSION** In the application of antihypertension and anti-inflammation, the branches and leaves of *E. ulmoides* can be taken as barks' substitutions.

KEY WORDS: *Eucommia ulmoides* Oliver; medicinal parts; chemical constituents; HPLC

杜仲为杜仲科植物杜仲 *Eucommia ulmoides* Oliver 的干燥树皮^[1], 具有补肝肾、强筋骨、安胎的功效, 主要用于肝肾不足、腰膝酸痛、妊娠漏血及胎动不安等症, 其活性成分主要有黄酮、苯丙素、木脂素、环烯醚萜以及多糖, 具有抗菌、抗炎、抗氧化、抗糖尿病、抗高血压以及神经保护等多种生物活性^[2-4]。以往相关文献常以该植物中 1~3 种成分为指标, 而且对杜仲枝皮研究较少。本实验以杜仲板皮、枝皮及叶为研究对象, 以槲皮素、绿原酸、咖啡酸、松脂醇二葡萄糖苷、桃叶珊瑚苷、京尼平苷酸、京尼平苷和京尼平为指标, 建立 HPLC 法同时测定其含有量, 为该植物的开发利用提供参考依据。

1 材料

安捷伦 1200 高效液相色谱仪, 配置四元泵、DAD 检测器、柱温箱、自动进样器、色谱工作站 (美国 Agilent 公司); AUW220D 电子天平 (十万分之一, 日本岛津公司); FA1204C 电子天平 (万分之一, 上海精密科学仪器有限公司); SHZ-D III 循环水式多用真空泵 (巩义市予华仪器有限责任公司); UPH-I-10T 优普超纯水器 (成都超纯科技有限公司); RJ-TGL-16C 高速离心机 (无锡瑞江分析仪器有限公司)。

桃叶珊瑚苷 (批号 150319)、槲皮素 (批号 150302)、京尼平苷酸 (批号 141220)、京尼平苷 (批号 140722)、京尼平 (批号 140314)、松脂醇二葡萄糖苷 (批号 141216)、绿原酸 (批号 140801)、咖啡酸 (批号 140428) 对照品均由成都普菲德生物技术有限公司提供。乙腈为色谱纯; 磷酸、甲醇均为分析纯; 水为超纯水。

杜仲样品采自四川省广元市旺苍县、成都市荷花池中药材市场以及都江堰, 经成都中医药大学标本中心卢先明教授鉴定为杜仲科植物杜仲 *Eucommia ulmoides* Oliv. 的板皮、枝皮和叶, 将其自然阴干后粉碎, 过 2 号筛备用, 具体信息见表 1。

2 方法与结果

2.1 供试品溶液的制备 精密称取样品 2.0 g, 置于锥形瓶中, 精密加入甲醇 50 mL, 称定质量, 90 ℃ 水浴中加热回流 60 min, 取出, 放冷, 甲醇

补足减失的质量, 过滤, 精密吸取续滤液 5 mL, 置于 10 mL 量瓶中, 纯水定容, 16 000 r/min 离心 10 min, 取上清液, 即得。

表 1 样品信息

Tab. 1 Information of samples

编号	采收日期	产地
1	201504	荷花池中药材市场
2	201504	四川旺苍
3	201505	四川旺苍
4	201506	四川旺苍
5	201508	四川都江堰

2.2 对照品溶液的制备 称取桃叶珊瑚苷、槲皮素、京尼平苷酸、京尼平苷、京尼平、松脂醇二葡萄糖苷、绿原酸及咖啡酸对照品适量, 50% 甲醇制成 0.375、0.244、0.348、0.198 5、0.299、0.275、0.294 5、0.238 5 g/L 的混合对照品溶液。

2.3 色谱条件 Agilent Zorbax Eclipse C₁₈ 色谱柱 (150 mm×4.6 mm, 5 μm); 检测波长 208 nm (桃叶珊瑚苷、槲皮素)、238 nm (京尼平苷酸、京尼平苷、京尼平和松脂醇二葡萄糖苷) 和 320 nm (绿原酸、咖啡酸); 体积流量 1 mL/min; 柱温 30 ℃; 流动相乙腈 (A) -0.1% 磷酸水溶液 (B), 梯度洗脱 (0 min, 95% B; 40 min, 85% B; 50 min, 75% B; 60 min, 70% B; 65 min, 95% B), 对照品及供试品色谱图见图 1~3。

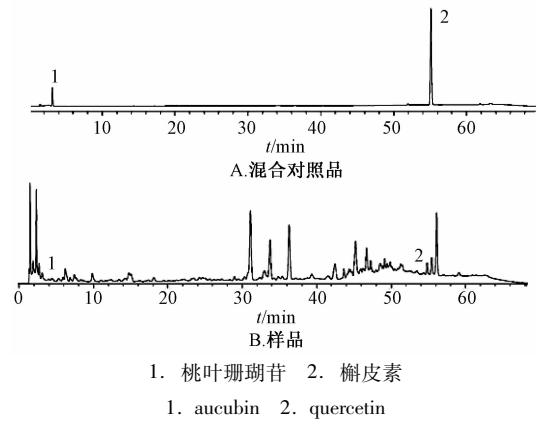
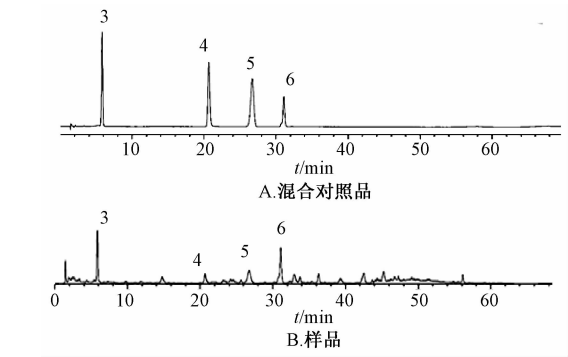


图 1 HPLC 色谱图 (λ=208 nm)

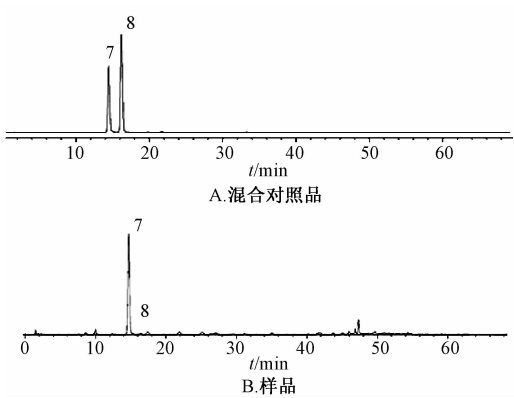
Fig. 1 HPLC chromatograms (λ=208 nm)

2.4 线性关系考察 取“2.2”项下混合对照品



3. 京尼平苷酸 4. 京尼平苷 5. 京尼平 6. 松脂醇二葡萄糖苷
3. geniposidic acid 4. geniposide 5. genipin
6. pinoresinol diglucoside

图 2 HPLC 色谱图 (λ=238 nm)
Fig. 2 HPLC chromatograms (λ=238 nm)



7. 绿原酸 8. 咖啡酸
7. chlorogenic acid 8. caffeic acid

图 3 HPLC 色谱图 (λ=320 nm)
Fig. 3 HPLC chromatograms (λ=320 nm)

溶液，加甲醇稀释成不同质量浓度的对照品溶液，在“2.3”项色谱条件下进样，以对照品含有量为横坐标（X），色谱峰峰面积为纵坐标（Y）绘制标准曲线，结果见表 2，表明各成分在各自范围内线性关系良好。

表 2 8 种成分的线性关系
Tab. 2 Linear relationships of eight constituents

成分	波长/nm	线性方程	r	线性范围/μg
桃叶珊瑚苷	208	$Y=419.77X-0.6347$	0.9999	0.0375~2.25
槲皮素	208	$Y=2939X-6.7358$	0.9999	0.0244~0.488
京尼平苷酸	238	$Y=1318.8X+6.3308$	0.9989	0.0087~0.4872
京尼平苷	238	$Y=1486.8X-3.4332$	1	0.01985~0.397
京尼平	238	$Y=2340.3X-9.1053$	1	0.0229~0.458
松脂醇二葡萄糖苷	238	$Y=552.94X-11.807$	0.9984	0.0275~1.1
绿原酸	320	$Y=1725.9X-5.5902$	0.9999	0.02945~0.736
咖啡酸	320	$Y=3309X-5.9763$	0.9999	0.004526~0.2381

2.5 精密度试验 取混合对照品，在“2.3”项色谱条件下连续进样 6 次，每次 10 μL，测得桃叶珊瑚苷、槲皮素、京尼平苷酸、京尼平苷、京尼平、松脂醇二葡萄糖苷、绿原酸及咖啡酸峰面积 RSD 分别为 1.96%、1.37%、2.99%、2.98%、2.13%、2.76%、2.30% 和 2.15%，表明仪器精密度良好。

2.6 稳定性试验 取样品（3 号板皮）2.0 g，按“2.1”项下方法制备供试品溶液，在“2.3”项下色谱条件下，于 0、4、8、16、20、24 h 进样 10 μL，测得桃叶珊瑚苷、槲皮素、京尼平苷酸、京尼平苷、京尼平、松脂醇二葡萄糖苷、绿原酸、咖啡酸峰面积 RSD 分别为 1.01%、2.33%、2.75%、2.94%、0.641%、0.767%、0.891% 和 1.26%，表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.7 重复性试验 取同一批样品（3 号板皮），按

“2.1”项下方法制备供试品溶液 6 份，在“2.3”项下色谱条件下测定，测得桃叶珊瑚苷、槲皮素、京尼平苷酸、京尼平苷、京尼平、松脂醇二葡萄糖苷、绿原酸、咖啡酸含有量 RSD 分别为 1.94%、2.03%、2.56%、1.78%、2.39%、1.47%、2.97% 和 2.99%，表明该方法重复性良好。

2.8 加样回收率试验 精密称取同一批含有量已知的样品（3 号板皮）2.0 g，置于锥形瓶中，精密加入桃叶珊瑚苷、槲皮素、京尼平苷酸、京尼平苷、京尼平、松脂醇二葡萄糖苷、绿原酸、咖啡酸（质量浓度分别为 0.856、0.488、0.696、0.397、0.458、0.55、0.589、0.477 g/L）各 3.5、1.2、0.1、0.7、1.7、4、0.8、0.1 mL，甲醇定容至 100 mL，按“2.1”项下方法制备供试品溶液 6 份。在“2.3”项下色谱条件下测定，计算加样回收率，结果见表 3。

表 3 加样回收率试验结果 (n=6)
Tab. 3 Results of recovery tests (n=6)

成分	取样量/ g	原有量/ mg	加入量/ mg	测得量/ mg	回收率/ %	平均回收 率/% (RSD/%)	成分	取样量/ g	原有量/ mg	加入量/ mg	测得量/ mg	回收率/ %	平均回收 率/% (RSD/%)
桃叶珊瑚苷	2.007 0	2.580 0	2.568 0	5.128 0	99.2	101.2	京尼平	2.007 0	0.682 0	0.687 0	1.404 0	105.1	101.6
	2.005 6	2.578 0	2.568 0	5.276 0	105.0	(2.37)		2.005 6	0.681 5	0.687 0	1.401 0	104.7	(3.39)
	2.007 4	2.581 0	2.568 0	5.213 0	102.5	2.007 4		0.682 2	0.687 0	1.392 1	103.3		
	2.009 6	2.583 0	2.568 0	5.107 0	98.3	2.009 6		0.682 9	0.607 0	1.380 7	101.6		
	2.000 2	2.571 0	2.568 0	5.173 0	101.3	2.000 2		0.679 7	0.687 0	1.349 5	97.5		
	2.006 4	2.579 0	2.568 0	5.166 0	100.7	2.006 4		0.681 8	0.687 0	1.350 7	97.4		
槲皮素	2.007 0	0.611 7	0.634 4	1.235 5	98.3	100.8	松脂醇二 葡萄糖苷	2.007 0	1.985 0	1.980 0	3.924 0	97.9	100.5
	2.005 6	0.611 2	0.634 4	1.260 3	102.3	(2.43)		2.005 6	1.983 0	1.980 0	3.955 0	99.6	(2.13)
	2.007 4	0.611 8	0.634 4	1.264 1	102.8	2.007 4		1.985 0	1.980 0	3.992 0	101.4		
	2.009 6	0.612 4	0.634 4	1.269 9	103.6	2.009 6		1.987 0	1.980 0	4.010 0	102.2		
	2.000 2	0.609 6	0.634 4	1.230 9	97.9	2.000 2		1.978 0	1.980 0	3.933 0	98.7		
	2.006 4	0.611 5	0.634 4	1.244 0	99.7	2.006 4		1.984 0	1.980 0	4.031 0	103.4		
京尼平苷酸	2.007 0	0.066 0	0.069 6	0.135 8	100.2	100.7	绿原酸	2.007 0	0.445 7	0.441 8	0.895 3	101.8	100.4
	2.005 6	0.066 0	0.069 6	0.134 2	98.1	(2.80)		2.005 6	0.445 3	0.441 8	0.899 4	102.8	(2.46)
	2.007 4	0.066 0	0.069 6	0.134 8	98.8	2.007 4		0.445 8	0.441 8	0.901 4	103.1		
	2.009 6	0.066 1	0.069 6	0.138 9	104.6	2.009 6		0.446 2	0.441 8	0.881 1	98.4		
	2.000 2	0.065 8	0.069 6	0.138 0	103.7	2.000 2		0.444 2	0.441 8	0.873 7	97.2		
	2.006 4	0.066 0	0.069 6	0.134 6	98.5	2.006 4		0.445 5	0.441 8	0.884 3	99.3		
京尼平苷	2.007 0	0.265 2	0.277 9	0.539 8	98.8	100.5	咖啡酸	2.007 0	0.050 3	0.047 7	0.097 7	99.2	101.2
	2.005 6	0.265 0	0.277 9	0.545 5	100.9	(2.06)		2.005 6	0.050 3	0.047 7	0.098 8	101.8	(2.79)
	2.007 4	0.265 3	0.277 9	0.536 2	97.5	2.007 4		0.050 4	0.047 7	0.099 8	103.6		
	2.009 6	0.265 6	0.277 9	0.548 3	101.7	2.009 6		0.050 4	0.047 7	0.099 6	103.2		
	2.000 2	0.264 3	0.277 9	0.543 6	100.5	2.000 2		0.050 2	0.047 7	0.099 2	102.8		
	2.006 4	0.265 2	0.277 9	0.552 3	103.3	2.006 4		0.050 3	0.047 7	0.096 3	96.4		

2.9 样品含有量测定 取杜仲板皮、枝皮和叶各 5 批，按“2.1”项下方法制备供试品溶液，在“2.3”项色谱条件下测定，计算各成分含有量，结果见表 4~5。

表 4 桃叶珊瑚苷、槲皮素、京尼平苷酸及京尼平苷含有量
Tab. 4 Contents of aucubin, quercetin, geniposidic acid and geniposide

编号	桃叶珊瑚苷/%			槲皮素/%			京尼平苷酸/%			京尼平苷/%		
	板皮	枝皮	叶	板皮	枝皮	叶	板皮	枝皮	叶	板皮	枝皮	叶
1	0.067 7	0.279	0.529	—	—	0.028 7	0.007 45	0.026 7	—	—	—	—
2	0.611	0.128	0.413	—	0.029 2	0.040 1	0.240	0.010 2	—	0.41 6	—	—
3	0.143	0.192	0.381	0.033 9	—	0.030 4	0.003 66	0.067 0	—	0.014 7	0.015 7	—
4	0.277	0.334	0.520	0.029 4	—	0.039 3	0.106	0.076 3	—	0.041 5	—	—
5	0.205	0.272	0.541	—	—	0.053 3	0.179	0.058 1	—	0.051 2	—	—

注：—表示未检测出或低于线性范围

表 5 杜仲中京尼平、松脂醇二葡萄糖苷、绿原酸及咖啡酸含有量
Tab. 5 Contents of genipin, pinoresinol diglucoside, chlorogenic acid and caffeic acid

编号	京尼平/%			松脂醇二葡萄糖苷/%			绿原酸/%			咖啡酸/%		
	板皮	枝皮	叶	板皮	枝皮	叶	板皮	枝皮	叶	板皮	枝皮	叶
1	—	0.156	—	0.104	0.191	0.116	—	0.054 5	0.245	—	—	0.004 24
2	—	0.095 2	—	0.334	0.163	0.124	0.020 0	0.033 2	0.228	—	0.003 57	0.003 84
3	0.037 8	0.196	—	0.110	0.313	0.115	0.024 7	0.048 0	0.176	0.002 79	—	—
4	0.247	0.023 8	—	0.278	0.258	0.123	0.020 9	0.077 9	0.236	0.003 13	—	0.003 84
5	0.137	—	—	0.543	0.197	0.096 8	0.022 7	0.140	0.223	—	—	—

注：—表示未检测出或低于线性范围

然后，比较其在不同药用部位中的含有量，结果见图 4。由图可知，桃叶珊瑚苷与绿原酸含有量在杜仲叶中最高，枝皮次之，板皮最低；京尼平苷酸、京尼平苷、京尼平主要存在于杜仲枝皮与板皮中；3 种药用部位均含松脂醇二葡萄糖苷，而且其含有量均达到了《中国药典》2015 版要求（不得低于 0.1%），由高到低依次为板皮 > 枝皮 > 叶；咖啡酸含有量在不同药用部位中均较低，甚至检测

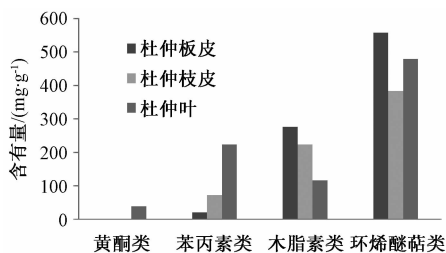


图4 不同药用部位含有量比较

Fig. 4 Comparison of contents in different medicinal parts

不到。研究表明,杜仲板皮、枝皮与叶中所含活性成分基本一致^[5-7],但检测结果显示其含有量相差较大,可能与生长环境、采收年限以及成分稳定性有密切关系。

总体来说,叶中黄酮和苯丙素含有量高于板皮,枝皮中木脂素含有量与板皮相当,而且这两个药用部位中环烯醚萜含有量都较高,可考虑在降血压药上大量应用以替代板皮^[8],或应用于抗炎药物的开发。目前,《中国药典》2015版尚未将枝皮纳入杜仲药用部位,故本实验可为拓展药材应用范围提供参考依据。

3 讨论

色谱图中1号峰(桃叶珊瑚苷)的出峰时间最早,在3.138 min左右,与溶剂峰等杂峰较近,加上该成分本身不稳定,以及供试品溶液稀释后质量浓度较低,导致该峰不明显,并且咖啡酸含有量更低(0.002 79% ~ 0.004 24%),使得8号峰(咖啡酸)也不明显。为此,本实验比较了《中国药典》2015版中杜仲项下的提取方法(索式提取),以及不同比例甲醇水溶液的回流提取,发现前者耗时繁琐,重复性差,而以纯甲醇为溶剂,回流提取1 h的效果理想,同时纯水定容可以加快供试品溶液与流动相溶解,并促进各待测成分色谱峰的分离。在流动相选择上发现,甲酸在低波长检测下影响较大,故以乙腈-0.1%磷酸作为流动相系统时,各色谱峰分离效果最佳。另外,还筛选了不同色谱柱、柱温、流动相比比例及体积流量等,最终确定实验中的色谱条件。

参考文献[8-11],分别对波长208、238、254、277、280、320、336、327 nm进行筛选。DAD检测器3D色谱图发现,苯丙素类化合物绿原酸与咖啡酸在320 nm波长处有最大吸收;环烯醚萜类化合物京尼平苷、京尼平苷酸、京尼平在238 nm波长处有最大吸收,而桃叶珊瑚苷只在208 nm波长处有最大吸

收;木脂素类化合物松脂醇二葡萄糖苷在238 nm与277 nm波长处的吸收差异不大,故选择前者作为其检测波长;只有在208 nm与254 nm波长处可以检测到黄酮类化合物槲皮素,而且前者吸收较大,故选择208 nm作为其检测波长。最终,选择208、238和320 nm作为检测波长。多波长检测方法方便快捷,可有效减少单一波长下部分对照品色谱峰无法达到其最大吸收从而对含有量测定的影响,使得结果更加准确、稳定。

本实验选择桃叶珊瑚苷、槲皮素、绿原酸、咖啡酸、松脂醇二葡萄糖苷、京尼平苷酸、京尼平苷和京尼平作为指标,同时对其在杜仲板皮、枝皮和叶中的含有量进行分析,所得结果全面、更有说服力。随着对中药质量控制要求的日益严格,多成分同时测定是必然趋势,而多波长检测可以达到这一要求^[12]。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2015年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.
- [2] He X R, Wang J H, Li M X, et al. *Eucommia ulmoides* Oliv.: Ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of an important traditional Chinese medicine[J]. *J Ethnopharmacol*, 2014, 151(1): 78-92.
- [3] 彭红梅, 李小妹. 杜仲的药理研究现状及应用展望[J]. 中医学报, 2013, 28(1): 72-73.
- [4] 艾伦强, 李婷婷, 何银生, 等. 杜仲的应用研究进展[J]. 亚太传统医药, 2010, 6(10): 163-165.
- [5] 刘丽君. 杜仲化学活性成分及其药理学研究概况[J]. 亚太传统医药, 2013, 9(5): 82-83.
- [6] 杨芳, 岳正钢, 王欣, 等. 杜仲叶化学成分的研究[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(8): 1445-1449.
- [7] 龚桂珍, 宫本红, 张学俊, 等. 杜仲叶与杜仲皮化学成分的比较[J]. 西南大学学报, 2010, 32(7): 167-171.
- [8] 杨林军, 黄文平, 吴永忠, 等. 杜仲板皮和枝皮中4种有效成分差异性比较[J]. 中草药, 2015, 46(4): 584-587.
- [9] Weng Z B, Yan C P, Wu Y, et al. Determination of ten components in *Eucommia ulmoides* Oliver by high-performance liquid chromatography with dual detectors[J]. *Anal Lett*, 2014, 47(12): 1978-1986.
- [10] 严瑞娟, 张水寒, 罗跃龙, 等. 不同产地初加工方式处理杜仲叶的HPLC指纹图谱研究[J]. 中草药, 2013, 44(15): 2085-2091.
- [11] 陶益, 盛辰, 李伟东, 等. 杜仲不同炮制品化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(22): 4252-4354.
- [12] 黄勤挽, 王瑾, 苏娟, 等. 双波长HPLC法同时测定杜仲雄花中3种成分的含量[J]. 中国药房, 2011, 22(27): 2565-2566.